



SENSIBILITE D'Aedes Aegypti AUX INSECTICIDES ORGANO-PHOSPHORES

par

J. Mouchet,<sup>1</sup> J. Barathe<sup>2</sup> et C. Sannier<sup>2</sup>

1. INTRODUCTION

L'intérêt des hygiénistes pour Ae. aegypti n'a cessé de croître au cours de ces dernières années. Vecteur majeur de la fièvre jaune en Afrique et en Amérique, il est également incriminé dans la transmission des virus de la dengue provoquant des épidémies de fièvres hémorragiques en Asie du Sud-Est et du virus Chikungunya dans cette région (Rudnick, 1967) et en Afrique (Taufflieb, 1968). L'importance médicale et sociale de ces affections dans les pays en voie de développement a stimulé de nombreux programmes de recherches sur Ae. aegypti, la plupart soutenus par l'OMS. C'est en collaboration avec les chercheurs de ces projets que nous avons pu recevoir de nombreuses souches de ce moustique, notamment d'Afrique de l'ouest. Dans cette région, en effet, se déroule un programme d'étude de la densité d'Ae. aegypti en relation avec le stockage de l'eau, dans le cadre de l'établissement de mesures préventives de la fièvre jaune. Le chercheur en charge de ce projet, M. Pichon, nous a adressé plus de 40 souches de cette région qui ont été ou seront testées pour leur sensibilité aux insecticides.

En effet, l'organisation de campagnes de lutte contre Ae. aegypti implique dans une large part la connaissance de sa sensibilité aux insecticides usuels. C'est ce que nous avons entrepris de faire grâce aux soutiens financier et technique de l'OMS. A ce jour, 89 souches ont été testées provenant de différentes régions du globe, mais surtout d'Afrique de l'ouest et d'Asie du Sud-Est. De nombreux autres expérimentateurs travaillent sur le même sujet, notamment en Asie du Sud-Est et dans les Caraïbes. La plupart de leurs résultats ainsi que les nôtres étant rapidement diffusés par le canal des documents ronéotypés (Information Circular on Insecticide Resistance), il est aisé de faire le point de l'importance des résistances. A ce propos, on doit noter l'extension rapide de la résistance au DDT et/ou à la dieldrine en Amérique, en Asie du Sud-Est et à un degré moindre en Afrique de l'ouest (Mouchet, 1967 et 1968).

Devant le développement de cette situation, les composés organo-phosphorés deviennent les éléments essentiels de la lutte chimique contre Ae. aegypti. Nous avons testé la sensibilité de nos 89 souches vis-à-vis des principaux larvicides organo-phosphorés et ce sont les résultats de ce travail que nous exposons ici. En outre, nous ferons un bref tour d'horizon des rares cas de résistance aux organo-phosphorés actuellement connus et nous donnerons un aperçu de l'utilisation de ces insecticides dans la lutte contre Ae. aegypti.

2. ORIGINE ET CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTES SOUCHES, INSECTICIDES UTILISES

Sur les 89 souches, 2 provenaient de la région des Caraïbes, 6 du Pacifique, 37 d'Asie du Sud-Est et 44 d'Afrique au sud du Sahara et plus particulièrement d'Afrique de l'ouest et du centre.

5-8 MAI 1970

G. R. S. T. O. M.

<sup>1</sup> Entomologiste ORSTOM, S.S.C. 70 route d'Aulnay, 93-Bondy, France

<sup>2</sup> Techniciennes ORSTOM, S.S.C. 70 route d'Aulnay, 93-Bondy, France.

Collection de Référence

n° 14006

31 souches étaient sensibles aux insecticides chlorés,  
13 souches étaient résistantes au DDT,  
17 souches étaient résistantes à la dieldrine,  
28 souches présentaient une double résistance au DDT et à la dieldrine.

Il est à remarquer que la plupart des souches sensibles proviennent d'Afrique.

Les insecticides utilisés pour ces recherches étaient :

- Malathion (OMS-1) diéthyl mercaptosuccinate S-ester avec O,O-diméthyl phosphorothioate
- Diazinon (OMS-469) O,O-diéthyl O-(2-isopropyl-6-méthyl-4-pyrimidinyl) phosphorothioate
- Fenthion (OMS-2) O,O-diméthyl O-4-méthylthio-méta-tolyl phosphorothioate
- Abate (OMS-786) O,O,O',O'-tétraméthyl O,O'-thiodi-para-phénylène phosphorothioate
- Bromophos (OMS-658) O-(4-bromo-2,5-dichlorophényl) O,O-diméthyl phosphorothioate
- OMS-437 toluène-alpha,alpha-dithiol-bis(O,O-diméthyl phosphorodithioate)
- Dursban (OMS-971) O,O-diéthyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate
- Fenitrothion (Sumithion) (OMS-43) O,O-diméthyl O-4-nitro-méta-tolyl phosphorothioate

Toutes les souches ont été testées au stade larvaire suivant la méthode préconisée par l'OMS (1963). Des lots de 25 larves sont exposés pendant 24 heures à des concentrations croissantes d'insecticides. A la fin de ce laps de temps est effectuée une lecture directe et l'établissement des pourcentages de mortalité à chaque concentration. Ces valeurs reportées sur papier gaussien-logarithmique permettent d'établir la ligne de régression d'où est tirée la CL<sub>50</sub> tandis que la limite de la CL<sub>100</sub> se dégage directement de la lecture des tests. Les résultats communiqués à l'OMS ont été analysés par ordinateur. Il est remarquable de constater la faible différence entre les valeurs de la CL<sub>50</sub> obtenues par les deux méthodes. L'avantage de l'analyse par ordinateur est de déterminer également la CL<sub>95</sub>, la pente de la ligne de régression et le degré d'hétérogénéité des résultats analysés; en outre, elle évite toutes opérations aux chercheurs sur le terrain, tandis que l'ordinateur emmagasine les résultats et permet leur exploitation presque instantanée chaque fois que le besoin s'en fait sentir. Il sera certainement amené à rendre les plus grands services dans les années qui suivent.

Nous relaterons également la sensibilité des adultes d'*Ae. aegypti* vis-à-vis de chaque insecticide lorsque des données sont disponibles dans la littérature.

### 3. RESULTATS ET INTERPRETATION DES TESTS

Pour chaque souche a été établie la ligne de régression d'où a été tirée la CL<sub>50</sub>. Nous n'avons pas calculé la CL<sub>95</sub> mais seulement établi la limite de la CL<sub>100</sub> qui fournit une approximation suffisante pour déceler d'éventuelles résistances.

Pour chaque insecticide, les CL<sub>50</sub> varient normalement d'une souche à l'autre dans des proportions appréciables (de 1 à 8) sans pour cela qu'il y ait résistance. Les limites de variations sont indiquées au tableau 2.

Pour chaque insecticide, nous avons collationné séparément les CL<sub>50</sub> obtenues avec les souches sensibles, résistantes au DDT seul, résistantes à la dieldrine seule et résistantes aux deux produits pour déterminer si les résistances aux organo-chlorés avaient une influence sur la sensibilité aux organo-phosphorés. Les diagrammes représentatifs des diverses catégories sont réunis dans les figures 1 et 2.

Nous examinerons maintenant séparément la sensibilité aux différents composés.

### 3.1 Dursban (OMS-971)

Les  $CL_{50}$  obtenues varient de 0,0006 à 0,0027 ppm et les limites supérieures de la  $CL_{100}$  de 0,002 à 0,01 ppm. Il n'y a pas de différences significatives entre les souches sensibles et les souches résistantes aux organo-chlorés ni au niveau de la  $CL_{50}$  ni au niveau de la  $CL_{100}$ .

Les résultats obtenus par les autres auteurs restent dans les mêmes limites que les nôtres : Lofgren et al. (1967) sur une souche de Thaïlande ont noté une  $CL_{50}$  de 0,001 et une  $CL_{90}$  de 0,0018 et Ludwig & McNeil (1966) une  $CL_{50}$  de 0,001 sur une souche de laboratoire. Cependant, sur des souches indiennes, Madhukar & Pillai (1968) ont constaté une sensibilité plus grande avec des  $CL_{50}$  variant de 0,0003 à 0,00045 et des  $CL_{90}$  de 0,0005 à 0,0007.

Aucune information n'a été fournie à notre connaissance sur la sensibilité des adultes.

En ce qui concerne l'action larvicide sur Ae. aegypti, le Dursban est actuellement le plus actif des produits disponibles.

### 3.2 Abate (OMS-786)

Les  $CL_{50}$  des 64 souches testées s'étalent de 0,0006 à 0,0041 et les limites de la  $CL_{100}$  de 0,004 à 0,01. La variation au niveau de la  $CL_{50}$  est donc assez importante, de l'ordre de 1 à 7.

Comme on peut l'observer sur la fig. 1b, les  $CL_{50}$  des souches doublement résistantes au DDT et à la dieldrine sont significativement plus élevées que celles des souches sensibles. C'est d'ailleurs le seul insecticide pour lequel une telle corrélation ait pu être relevée.

Une souche de Guyane, dont la  $CL_{50}$  est de 0,005 apparaît comme étant en dehors des limites normales des variations de la sensibilité d'après le test des aberrants<sup>1</sup> (dans Beyer, 1966, p. 267).

Les résultats des divers auteurs sont du même ordre que les nôtres. Madhukar & Pillai (1968) sur les souches indiennes donnent des  $CL_{50}$  de 0,0008 à 0,0015 et des  $CL_{90}$  de 0,0012 à 0,0019, Lofgren et al. (1967) de 0,0026 à 0,004, Kutz & Burbutis (1966) de 0,0012 et 0,0017, enfin Schoof & Jakob (1964) et Schoof (1967) ne relatent que la  $CL_{95}$  de 0,004 pour une souche de laboratoire.

Nous n'avons pas connaissance des données sur la sensibilité des adultes.

Après le Dursban, l'Abate reste le larvicide le plus actif contre Ae. aegypti.

### 3.3 Fenthion (OMS-2)

Les  $CL_{50}$  des 79 souches testées varient de 0,002 à 0,012 ppm et les limites des  $CL_{100}$  de 0,01 à 0,05 ppm. Il n'y a pas de différence de sensibilité entre les souches sensibles et résistantes aux organo-chlorés (fig. 1 c).

Les résultats des autres expérimentateurs sont : Hooper (1967) sur des souches australiennes,  $CL_{50}$  de 0,0006 à 0,0012,  $CL_{95}$  de 0,0024 à 0,0048; Madhukar & Pillai (1968) sur des souches indiennes,  $CL_{50}$  de 0,0026 à 0,004,  $CL_{90}$  de 0,0037 à 0,0064; Lofgren et al. (1967) sur une souche de Bangkok, 0,0035 et 0,0053; Ludwig & McNeil (1966) une  $CL_{50}$  de 0,016 relativement élevée; enfin, Schoof & Jakob (1964) une  $CL_{90}$  de 0,02.

<sup>1</sup> Les informations statistiques ont été fournies par M. van den Driessche, biométricien de l'ORSTOM.

Ce produit est donc très actif sur les larves d'Ae. aegypti.

Il existe peu d'informations sur la sensibilité des adultes. Hamon & Sales (1963) utilisant la méthode OMS ont observé des  $CL_{50}$  de 0,23 à 0,38 % suivant l'état de la souche. Floch et al. (1966) en Guyane ont noté une  $CL_{50}$  inférieure à 1 % mais ils n'ont pas utilisé de méthode standardisée.

### 3.4 OMS-437

Les  $CL_{50}$  enregistrées sur 47 souches s'étalent très largement de 0,002 à 0,017 ppm et les limites de la  $CL_{100}$  de 0,01 à 0,05. Cette variation de la  $CL_{50}$  est très frappante lors des expérimentations. Néanmoins, il n'y a aucune corrélation entre la résistance aux organochlorés et la sensibilité d'Ae. aegypti à l'OMS-437 (fig. 1 d).

Les autres données disponibles sont analogues à nos résultats. Kutz & Burbutis (1966) rapportent une  $CL_{50}$  de 0,0029 et une  $CL_{90}$  de 0,0052; pour Lofgren et al. (1967) ces deux valeurs sont respectivement de 0,0068 et 0,012; enfin pour Schoof (1967) et Schoof & Jakob (1964) la  $CL_{95}$  est de 0,02.

L'activité larvicide de ce produit dans les conditions expérimentales des tests est très bonne.

Aucune information n'est disponible sur la sensibilité des adultes.

### 3.5 Fenitrothion (OMS-43)

Ce produit est plus connu sous ses noms commerciaux de sumithion ou folithion.

Les  $CL_{50}$  des 48 souches testées varient de 0,004 à 0,017 ppm, les limites de la  $CL_{100}$  de 0,01 à 0,05. Il n'y a pas de corrélation entre la résistance aux produits chlorés et la sensibilité au fenitrothion (fig. 2 a). Les résultats des autres expérimentateurs se situent dans les mêmes limites : Madhukar & Pillai (1968)  $CL_{50}$  de 0,0074 à 0,012,  $CL_{90}$  de 0,012 à 0,019; Kutz & Burbutis (1966) 0,0044 et 0,0065; Lofgren et al. (1967) 0,0056 et 0,011. La  $CL_{90}$  de 0,1 rapportée par Schoof & Jakob (1964) est relativement élevée. L'activité larvicide de ce produit est donc bonne.

Un seul travail a été effectué sur les adultes par Brengues & Sales (1967) qui notent une  $CL_{50}$  variant entre 1 et 2 %, les femelles gorgées étant plus sensibles que celles qui sont à jeun.

### 3.6 Bromophos (OMS-658)

Les  $CL_{50}$  des 48 souches varient de 0,004 à 0,025 ppm et les limites de la  $CL_{100}$  de 0,02 à 0,1 ppm. Il n'y a pas de différence de sensibilité entre les souches résistantes et sensibles au DDT et à la dieldrine (fig. 2 b).

La sensibilité de la souche thaïlandaise testée par Lofgren et al. (1967) est un peu plus prononcée avec une  $CL_{50}$  de 0,0035 et une  $CL_{90}$  de 0,0055 mais les  $CL_{95}$  de 0,1 ppm enregistrées par Jakob & Schoof (1963) et Schoof & Jakob (1964) sont du même ordre que nos résultats.

Ce produit a également une activité larvicide élevée.

Aucun résultat sur la sensibilité des adultes n'a été publié.

### 3.7 Malathion (OMS-1)

Les CL<sub>50</sub> s'évaluent de 0,03 à 0,27 ppm et les limites de la CL<sub>100</sub> de 0,25 à 2,5 ppm. L'étalement de ces deux paramètres est très grand, respectivement de 1 à 9 et 1 à 10. Il n'y a toutefois toujours pas de corrélation entre la sensibilité au malathion des souches d'Ae. aegypti et leur résistance aux produits chlorés.

L'activité larvicide du malathion est assez faible en comparaison de celle des produits précédemment étudiés. D'ailleurs les résultats des autres auteurs confirment les nôtres. Aux Etats-Unis, Flynn & Schoof (1965 et 1967) rapportent des CL<sub>50</sub> de 0,02 à 0,3 ppm et CL<sub>95</sub> tournant autour de 0,5 ppm; aux îles Vierges, Flynn et al. (1964) une CL<sub>50</sub> de 0,2; à Bangkok, Lofgren et al. une CL<sub>50</sub> de 0,06 et une CL<sub>90</sub> de 0,14.

La sensibilité des adultes a été relativement bien étudiée. Les CL<sub>50</sub> suivantes sont rapportées : 0,91 à 1,04 % en Haute-Volta (Hamon & Sales, 1963); 0,4 à 1,3 % en Alabama et Georgie (Flynn & Schoof, 1967); 0,4 à 1 % au Texas (Flynn & Schoof, 1965); par des méthodes non standardisées, Floch et al. (1966) en Guyane française ont obtenu une CL<sub>50</sub> de 0,125 % et Burton (1964) en Guiana a relevé une mortalité de 100 % à 0,0625 %.

### 3.8 Diazinon (OMS-469)

C'est un produit peu actif sur les larves d'Ae. aegypti. Les CL<sub>50</sub> des 73 souches testées variaient de 0,07 à 0,5 ppm et les limites de la CL<sub>100</sub> de 0,5 à 5 ppm. Mais il existe quelques souches dont les CL<sub>50</sub> sortent de ces limites atteignant 1,5 ppm sans qu'il y ait toutefois de corrélation nette entre ces observations et la résistance aux produits chlorés.

Devant ces suspicions de résistance, nous avons sélectionné ces souches par des concentrations de diazinon supérieures à la CL<sub>50</sub> sans pouvoir obtenir une augmentation de celle-ci à la troisième génération.

Nous n'avons pas connaissance de résultats autres que les nôtres sur la sensibilité larvaire au diazinon ni d'aucun document sur la sensibilité des adultes.

### 3.9 Autres organo-phosphorés

Schoof (1967) et Schoof & Jakob (1964) ont testé la sensibilité larvaire d'Ae. aegypti vis-à-vis de divers autres insecticides organo-phosphorés et ils ont obtenu les CL<sub>90</sub> suivantes : naled 0,25 ppm; parathion 0,02 ppm; dichlorvos 0,1 ppm; guthion 0,1 ppm; B 373 43 0,002 ppm et SD 7554 0,02 ppm.

## 4. RESISTANCE AUX ORGANO-PHOSPHORES

Dans un certain nombre de contrées à la suite de traitements aux organo-phosphorés, ou bien spontanément, ont apparu des baisses de la sensibilité à ces produits. Il est le plus souvent difficile de statuer clairement sur la signification de ces phénomènes et de définir s'il s'agit de tolérance ou de résistance. Mais on peut considérer que lorsque les CL<sub>50</sub> ou CL<sub>100</sub> sont supérieures de 10 fois aux valeurs les plus élevées du tableau 2, il y a de très fortes présomptions de résistance.

### 4.1 Malathion

Brown & Abedi (1964) furent les premiers à augmenter par sélection la CL<sub>50</sub> au malathion jusqu'à 1,4 ppm. Cette sélection avait d'ailleurs entraîné une augmentation beaucoup plus forte de la résistance au DDT (Matsumura & Brown, 1963; Brown & Abedi, 1960). Le phénomène n'est pas dû à une différence dans l'activité des enzymes détoxifiantes phosphatases au

carbosyestérase mais plutôt à une différence dans l'absorption du produit (Matsumura & Brown, 1961); ce caractère de tolérance est probablement plurifactoriel (Brown, 1964).

#### 4.2 Diazinon

Les CL<sub>50</sub> de ce composé peu actif sont toujours élevées mais la valeur de 1,9 ppm enregistrée à Rangoon (Tu (1967) I.C. 61)<sup>1</sup> est la manifestation certaine d'une baisse de sensibilité.

#### 4.3 Fenthion

Nous avons relevé par deux fois des CL<sub>50</sub> anormalement élevées de 0,07 et 0,18 ppm sur des souches reçues de Phnom-Penh et de Bobo-Dioulasso mais à la génération suivante la sensibilité était redevenue normale et nous ne sommes pas en mesure actuellement de fournir une explication de ce phénomène. Mais à la Jamaïque, il semble bien que se développe une certaine résistance au fenthion comme en témoignent les CL<sub>50</sub> de 0,07 ppm (Blake (1968) VBC/IRG/68.1)<sup>1</sup> et 0,15 et 0,18 ppm (Aarons I.C. 62). C'est une question à suivre de très près car elle risque de compromettre les programmes américains d'éradication d'Ae. aegypti.

#### 4.4 Bromophos

Des baisses de sensibilité de 10 à 50 fois sont signalées dans la région des Caraïbes, 0,21 et 0,097 ppm à Surinam (Barnes I.C. 63, Blake VBC/IRG/68.1), 0,23, 0,18 et 0,21 à la Jamaïque (Aarons I.C. 63, Blake VBC/IRG/68.1),<sup>1</sup> 0,14 à la Dominique (Barnes I.C. 63).<sup>1</sup> A titre de comparaison, les CL<sub>50</sub> que nous avons obtenues varient de 0,004 à 0,025 ppm. Il est donc incontestable qu'il y a dans cette région du globe une baisse de sensibilité à ce produit.

#### 4.5 Abate

Les mêmes remarques sont valables pour l'Abate dans les mêmes régions. Les CL<sub>50</sub> suivantes ont été enregistrées : 0,011, 0,015 et 0,027 à la Jamaïque (Blake VBC/IRG/68.1, Aarons I.C. 63),<sup>1</sup> 0,012 et 0,015 à Montserrat (Blake VBC/IRG/68.1).<sup>1</sup>

La résistance aux organo-phosphorés est donc pour l'instant peu prononcée et limitée à la région des Caraïbes. Mais l'utilisation de ces produits contre Aedes aegypti est de date relativement récente. On ne peut donc rejeter l'hypothèse d'une extension possible de la résistance aux organo-phosphorés dans les années à venir.

### 5. UTILISATION DES ORGANO-PHOSPHORES DANS LA LUTTE CONTRE Aedes Aegypti

Devant le développement de la résistance au DDT et à la dieldrine, l'utilisation de nouveaux composés et notamment des organo-phosphorés s'est avérée nécessaire aussi bien dans la lutte contre les adultes que contre les larves.

#### 5.1 Lutte anti-adulte

Tout d'abord on pensa utiliser les organo-phosphorés en pulvérisations perifocales autour des gîtes de ponte comme on le faisait avec le DDT.

Floch et al. (1966) en Guyane signalèrent les résultats très intéressants obtenus avec le malathion à 2 g/m<sup>2</sup> qui persistait pendant 23 semaines sur les surfaces imperméables.

<sup>1</sup> Information Circular on Insecticide Resistance, Insect Behaviour and Vector Genetics, document ronéotypé de l'Organisation mondiale de la Santé.

Jakob & Schoof (1963) et Schoof & Jakob (1964) testant différents organo-phosphorés sur des panneaux de bois obtinrent un effet résiduel identique pour le malathion et légèrement inférieur pour le fenitrothion à 2 g/m<sup>2</sup>. Ludwig et al. (1966) observèrent sur des papiers imprégnés une rémanence du Dursban de beaucoup supérieure à celle des autres organo-phosphorés. Schoof (1967) concluait dans le même sens.

En 1967 Lofgren et al. montrèrent qu'en période épidémique les traitements par fogging pouvaient rendre de grands services contre Ae. aegypti. En aérosols thermiques au "Swing-fog" le fenthion à 0,5 % est plus efficace que le fenitrothion et le malathion à 1 % ainsi que le naled et le Baygon à 2 ou 4 %. Sous cette même forme le mélange 4 parties de fenthion + 1 partie de Baygon est plus efficace que chacun des deux produits pris séparément (Shipp & Hazeltine, 1967).

Le Dursban en aérosols thermiques est également très efficace contre Ae. aegypti. Mais le malathion bien que moins actif, du fait de son coût peu élevé et de sa faible toxicité, peut être utilisé à des doses plus élevées et garde toute sa valeur. Il est égal ou supérieur au Dursban et au naled en aérosols lorsqu'il est utilisé à des doses trois fois supérieures à ces produits (Taylor & Schoof, 1968).

D'ailleurs, Stutz et al. (1964) avaient observé une diminution très nette d'Ae. aegypti en Floride à la suite de traitements aériens au malathion dirigés contre la mouche des fruits Ceratitidis capitata.

Les traitements aériens par de faibles volumes de produit très concentré ("Ultra low volume spraying" = ULV) se montrent très efficaces surtout depuis qu'ont été mises au point des méthodes permettant aux hélicoptères et avions d'opérer au-dessus de 500 mètres d'altitude (Mulhern, 1968). Malathion, naled, Dursban et fenthion sont actuellement présentés sous des formes utilisables en ULV.

## 5.2 Lutte antilarvaire

Mais la lutte antilarvaire reste le meilleur mode d'attaque. Au problème de la rémanence du produit dans l'eau s'ajoute celui de sa toxicité, les larves se développant très souvent dans des eaux de boisson. En outre, il faut éviter l'opalescence de l'eau souvent provoquée par les concentrés émulsifiables. Ce sont les formulations en granulés qui semblent les plus prometteuses. Sans vouloir entrer dans les détails des diverses expérimentations, il apparaît que l'Abate, peu toxique, est un des meilleurs composés utilisables. Le fenitrothion, le bromophos et OMS-437 ont également des performances intéressantes. Le fenthion et le Dursban bien qu'excellents larvicides sont limités dans leur emploi par leur toxicité orale (Brooks et al. 1965 et 1966; Jakob, 1965; Lofgren et al. 1967; Scanlon, 1967; Schoff, 1967).

## 6. DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Les grandes lignes de la lutte contre Aedes aegypti avaient été définies en 1963 dans le treizième rapport du Comité d'experts OMS des Insecticides. L'apparition de la résistance aux produits chlorés et de nouvelles méthodes de traitement a quelque peu modifié la stratégie proposée lors de la dernière session du Comité d'experts des Insecticides de l'OMS en novembre 1968. Elle est basée, suivant le but à atteindre, sur des traitements larvicides des eaux de boisson ou d'autres gîtes larvaires, des pulvérisations résiduelles périphocales autour des lieux de ponte et des traitements à découvert soit par des nébulisations, soit par des "ultra low volume spraying" aériens. L'accent est mis sur les précautions qui doivent être prises pour éviter les intoxications aiguës ou chroniques ainsi que la contamination du milieu.

A ce propos, les larvicides organo-phosphorés mentionnés au paragraphe 5.2 et notamment l'Abate donnent toute satisfaction pour le traitement des eaux de boisson. Barnes (1967) s'était d'ailleurs montré très optimiste quant à l'utilisation de ces produits et avait

souligné l'avantage des granulés libérant lentement leur produit actif. Il faut toutefois éviter les surdosages. Ce même souci de sécurité fait écarter le Dursban des traitements adulticides par engins à fort débit.

Il n'entre pas dans le cadre de ce travail de préciser les diverses méthodes de traitement qui sont d'ailleurs bien décrites dans le rapport du dernier Comité mais en comparant les recommandations des deux Comités on peut constater la place de plus en plus grande qu'occupent les composés organo-phosphorés dans la lutte contre Ae. aegypti qui connaît actuellement un grand développement.

En effet, dans les Amériques la plupart des Etats ont décidé l'éradication de cet insecte et les Etats-Unis ont entrepris une campagne de grande envergure (Schliessman, 1967; Pratt, 1968). Camargo (1967) a souligné les contraintes techniques, administratives, législatives et financières qu'entraînent les opérations d'éradication. Aussi pour l'instant aucun projet national n'a été entrepris en Asie du Sud-Est où la lutte contre les Aedes reste entre les mains des services d'hygiène urbaine ou bénéficie des traitements antipaludiques (Gratz, 1967). C'est à Bangkok seulement qu'avait eu lieu un projet pilote basé sur l'utilisation du DDT (Jatanasen, 1967). Dans cette même ville, l'OMS vient d'ailleurs de baser une équipe chargée d'étudier la biologie et la lutte contre Ae. aegypti. Une équipe similaire est installée à Dar es-Salam où elle étudiera ces problèmes en Afrique (Pal & Wright, 1968). Dans ce continent d'ailleurs les seules mesures prises contre cet insecte relèvent de l'hygiène urbaine sauf lors des épidémies de fièvre jaune. Au Sénégal, les villages de la zone contaminée furent traités au DDT (Chambon et al., 1967).

Ce développement de la lutte contre Aedes aegypti amènera sans aucun doute la promotion de nouvelles méthodes de lutte. En attendant que de nouveaux composés deviennent disponibles, il est indispensable de contrôler de façon constante l'activité des produits actuellement sur le marché et notamment des organo-phosphorés pour détecter le plus précocement possible l'apparition d'éventuelles résistances. Ceci n'exclut pas évidemment l'utilisation des composés chimiques conjointement avec des méthodes biologiques ou génétiques dans des programmes de lutte intégrée qui offrent de séduisantes perspectives.

#### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout d'abord l'Organisation mondiale de la Santé, Biologie et lutte contre les vecteurs, qui a hautement contribué à ces recherches par son apport financier et technique avec une mention toute particulière à MM. Wright & Pal. Nous exprimons toute notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont fait parvenir des souches : Mme Vattier-Bernard & MM. Coz, Germain, Hamon, Klein, Pajot, Pichon, Taufflieb, entomologistes de l'ORSTOM, MM. Amoussouga du Dahomey, Paterson de Rhodésie, Jatanasen & Bang de Bangkok, U Ko Ko de Rangoon, Oemijati de Djakarta, Samarawickrema de Colombo, Do Van Quy de Saïgon, Laigret de Tahiti, Clastrier & Fauran des Instituts Pasteur de la Guyane et de la Guadeloupe. Enfin, nous remercions nos collègues des S.S.C., M. Rageau, M. van den Driessche, biométricien, ainsi que M. Quentin et Mme Pastre qui nous ont aidés à tous les stades de ce travail.

#### RESUME

Les auteurs rapportent les résultats de tests de sensibilité aux insecticides organo-phosphorés exécutés sur 89 souches d'Aedes aegypti provenant de divers points de la région tropicale. Treize souches étaient DDT-R, 17 D1-R, 28 DDT et D1-R et 31 sensibles aux produits chlorés.

Les CL<sub>50</sub> suivantes ont été enregistrées : Dursban 0,0006 à 0,0027 ppm; Abate 0,0006 à 0,004; fenthion 0,002 à 0,012; OMS-437 0,002 à 0,017; fenitrothion 0,004 à 0,017; bromophos 0,007 à 0,025; malathion 0,03 à 0,27; diazinon 0,07 à 0,5 ppm.



Entre des souches normalement sensibles, la valeur de la  $CL_{50}$  peut donc varier dans des proportions assez fortes de 1 à 8 fois.

Des baisses très nettes de sensibilité au fenthion, au bromophos et à l'Abate sont rapportées par d'autres auteurs surtout aux Antilles.

Il n'y a pas de corrélation positive entre la résistance au DDT et à la dieldrine d'une part et la baisse de sensibilité aux organo-phosphorés sauf dans le cas de l'Abate.

Le papier se termine par une discussion sur l'utilisation des produits organo-phosphorés dans la lutte contre Aedes aegypti. Des facteurs tels que la toxicité pour les mammifères et l'effet résiduel du produit jouent un grand rôle dans le choix de l'insecticide.

#### SUMMARY

Larval susceptibility to organophosphorus insecticides of 89 strains of Aedes aegypti is discussed. 13 strains were DDT-R, 17 D1-R, 28 DDT and D1-R and 31 susceptible to chlorinated compounds.

From the tests carried out the following  $LC_{50}$  have been recorded Dursban 0,0006 to 0,0027 ppm; Abate 0,0006 to 0,004; fenthion 0,002 to 0,012; OMS-437 0,002 to 0,017; fenitrothion 0,004 to 0,017; bromophos 0,004 to 0,025; malathion 0,03 to 0,25; diazinon 0,07 to 0,5. Among these normally susceptible strains the  $LC_{50}$  values vary from 1 to 8 times.

A significant decrease in susceptibility to fenthion, bromophos and Abate is reported by several authors mainly from Carribean area, but there is no relationship between DDT and D1 resistances and decrease in susceptibility to organophosphorus compounds except, maybe, for Abate.

The utilization of organophosphorus insecticides for Ae. aegypti control is discussed and some factors such as mammalian toxicity and residual effect are emphasized.

TABLEAU 1. ORIGINE ET CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTES SOUCHES TESTEES

CARACTERISTIQUES DES SOUCHES					
Contrée d'origine	Sensibles	DDT-R	Dl-R	DDT+Dl-R	Total pour chaque pays
Guyane				1	1
Guadeloupe				1	1
Tahiti			5		5
Philippines	1				1
Indonésie		1			1
Viet-Nam				1	1
Cambodge		1	2	2	5
Thaïlande				18	18
Birmanie	3	8			11
Ceylan		1			1
Rhodésie	1				1
Kenya	1				1
Congo (Brazzaville)	4				4
République Centrafricaine	2				2
Cameroun	2	1	2		5
Dahomey				3	3
Togo	4		2		6
Côte d'Ivoire	6		2	2	10
Libéria		1	1		2
Haute-Volta	3		2		5
Mali	3				3
Sénégal	1		1		2
Totaux	31	13	17	28	89

TABLEAU 2. ETALEMENT DES CL<sub>50</sub> ET CL<sub>100</sub> DES INSECTICIDES USUELS  
CHEZ AEDES AEGYPTI

Insecticide	CL <sub>50</sub>	CL <sub>100</sub>
Dursban	0,0006 à 0,0027	0,002 à 0,01
Abate	0,0006 à 0,0041	0,004 à 0,01
Fenthion	0,002 à 0,012	0,01 à 0,05
OMS 437	0,002 à 0,017	0,01 à 0,05
Fenitrothion	0,004 à 0,017	0,01 à 0,05
Bromophos	0,004 à 0,025	0,02 à 0,1
Malathion	0,03 à 0,27	0,25 à 2,5
Diazinon	0,07 à 0,5	0,5 à 5
DDT (souches sensibles)	0,004 à 0,05	0,02 à 0,5
Dieldrine (souches sensibles)	0,004 à 0,026	0,05 à 0,5
HCH (souches sensibles)	0,04 à 0,26	0,25 à 2,5

FIG. 1  
DISTRIBUTION DES CL<sub>50</sub> DE DIVERS INSECTICIDES  
ORGANOPHOSPHORÉS POUR Aedes Aegypti

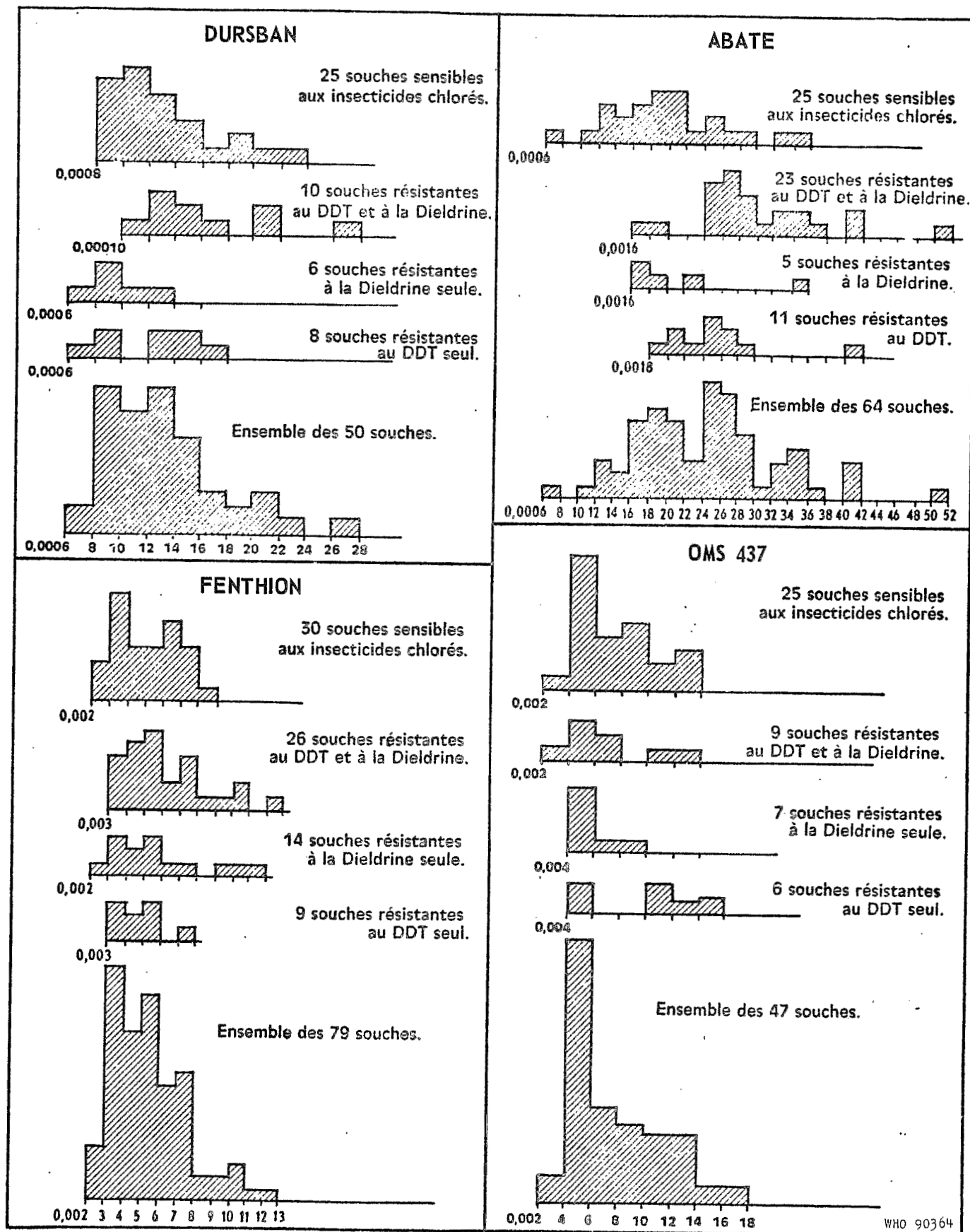
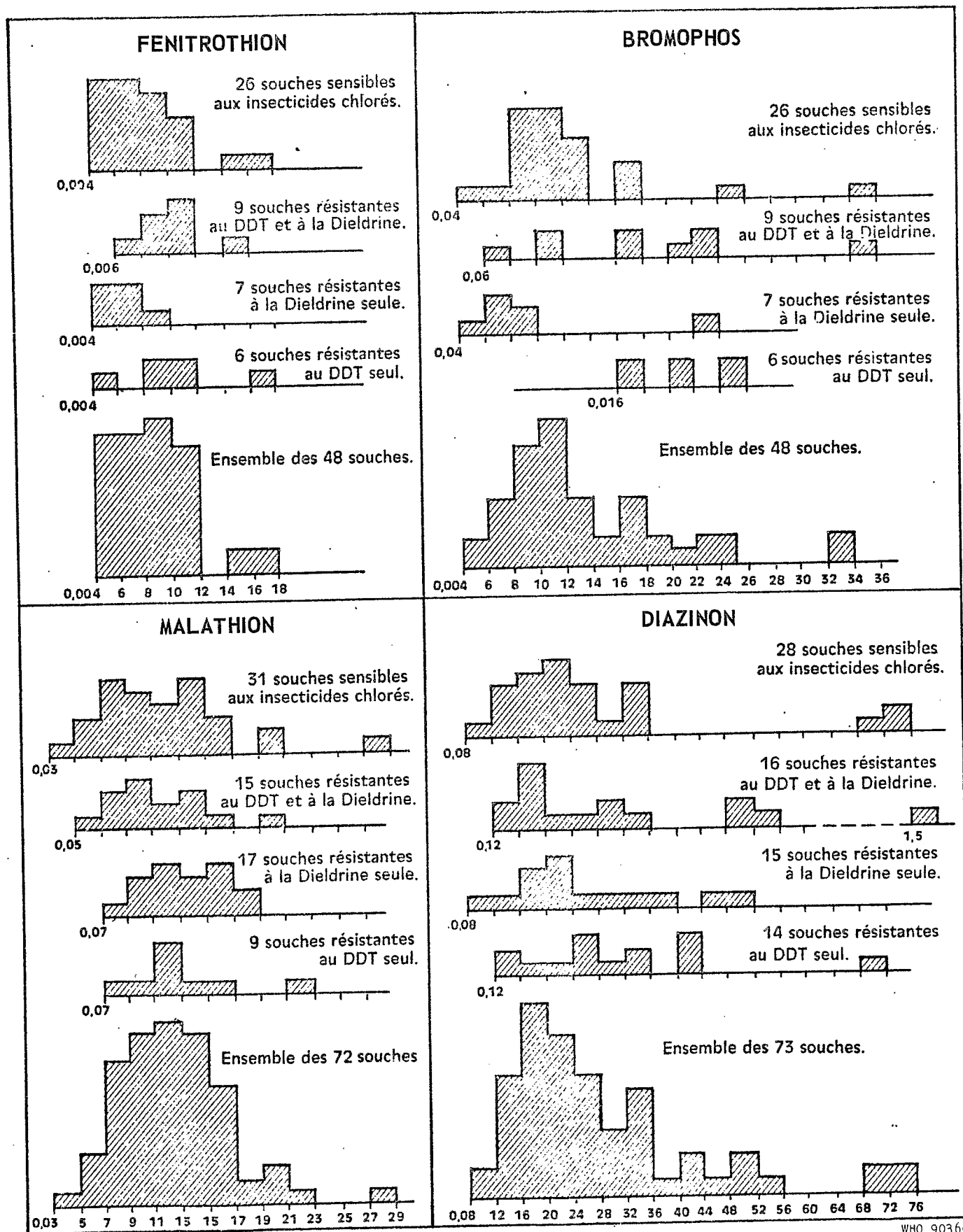


FIG. 2

DISTRIBUTION DES  $CL_{50}$  DE DIVERS INSECTICIDES  
ORGANOPHOSPHORÉS POUR Aedes Aegypti



## REFERENCES

- Abedi, Z. H. & Aarons, R. A. (1964) Evaluation of four insecticides as Aedes aegypti larvicides, West. Indian Med. J., 13 (4), 217
- Barnes, J. M. (1967) Toxic hazards from the use of insecticide in the control of Aedes aegypti, Bull. Org. mond. Santé, 36, 623
- Beyer, W. H. (1966) Handbook of tables for probability and statistic, Chemical Rubber cd Cleveland, 517 pages
- Brengues, J. & Sales, S. (1967) Etude de la stabilité des papiers imprégnés de solutions huileuses d'OMS-33 et d'OMS-43. Sensibilité à l'OMS-33 et à l'OMS-43 des femelles de différentes espèces de culicidés africains, Cahiers ORSTOM, 5 (1), 20
- Brooks, G. D., Schoof, H. F. & Smith, E. A. (1965) Effectiveness of various insecticides against Aedes aegypti infestations in water storage drums in U.S. Virgin Islands, Mosq. News, 25 (4), 423
- Brooks, G. D., Schoof, H. F. & Smith, E. A. (1966) Evaluation of five formulations of Abate against Aedes aegypti, Savannah, Georgia 1965, Mosq. News, 26 (4), 580
- Brown, A. W. A. (1964) Insecticide resistance research on Ae. aegypti, Mosq. News, 24 (4), 402
- Brown, A. W. A. & Abedi, Z. H. (1960) Cross resistance characteristics of a malathion-tolerant strain developed in Aedes aegypti, Mosq. News, 20 (2), 118
- Burton, G. J. (1964) Results of insecticide resistance tests against Aedes aegypti adults and larvae in British Guiana, Mosq. News, 24 (2), 200
- Camargo, S. (1967) Organization and administration of Aedes aegypti control and eradication programme, Bull. Org. mond. Santé, 36, 610
- Chambon et al. (1967) Une épidémie de fièvre jaune au Sénégal en 1965, Bull. Org. mond. Santé, 36, 113
- Floch, H., Kramer, R. & Chatenay, G. (1966) Le malathion est doué de propriétés insecticides rémanentes utilisables dans la lutte contre divers moustiques, Bull. Soc. Path. exot., 59 (5), 874
- Flynn, A. D. & Schoof, H. F. (1967) Responses of Aedes aegypti (L.) from Alabama, Georgia and South Carolina to DDT, dieldrin and malathion, Mosq. News, 27, 509
- Flynn, A. D. & Schoof, H. F. (1965) Susceptibility of Aedes aegypti (L.) from Florida and Texas to DDT, dieldrin and malathion, Mosq. News, 25 (4), 411
- Flynn, A. D., Schoof, H. F., Morlan, A. B. & Porter, J. E. (1964) Susceptibility of 17 strains of Aedes aegypti (L.) from Puerto Rico and the Virgin Islands to DDT, dieldrin and malathion, Mosq. News, 24 (2), 118
- Gratz, N. G. (1967) The control of Aedes aegypti in South-East Asia and Western Pacific, Bull. Org. mond. Santé, 36 (4), 614
- Hamon, J. (1963) Etude de la relation existant chez Ae. aegypti entre la durée d'exposition à un insecticide et la mortalité résultante, Bull. Soc. Ent. France, 68 (9-10), 225
- Hamon, J. & Sales, S. (1963) Sensibilité au malathion et au fenthion d'A. gambiae, A. funestus, A. rufigipes, Ae. aegypti, M. uniformis, M. africana et C. p. fatigans, Médecine tropicale, 23 (5), 621
- Hooper, G. H. S. (1967) The susceptibility to insecticides of populations of Aedes aegypti from Queensland, Australia, Ann. Trop. Med. Parasit., 61 (4), 451

- Jakob, W. L. (1965) Laboratory tests of larvicides for mosquito control in potable waters, Mosq. News, 25 (3), 316
- Jakob, W. L. & Schoof, J. F. (1963) Laboratory studies of new insecticides against mosquito larvae and adults, Mosq. News, 23 (4), 304
- Jatanasen, S. (1967) Environmental manipulation and health education in Aedes aegypti control in Thailand, Bull. Org. mond. Santé, 36, 636
- Kutz, F. W. & Burbulis, P. P. (1966) Evaluation of some new insecticides as mosquito larvicides, Mosq. News, 26 (1), 73
- Lofgren, C. S., Scanlon, J. E. & Voraphon Israngura (1967) Evaluation of insecticides against Aedes aegypti (L.) and Culex pipiens quinquefasciatus Say in Bangkok, Thailand, Mosq. News, 27 (1), 16
- Ludwig, P. D. & McNeil, J. C. (1966) Results of laboratory and field tests with Dursban insecticide for mosquito control, Mosq. News, 26 (3), 344
- Madhukar, B. V. R. & Pillai, M. K. K. (1968) Insecticide susceptibility studies in indian strains of Aedes aegypti (L.), Mosq. News, 28 (2), 222
- Matsumura, F. & Brown, A. W. A. (1961) Biochemical study of a malathion-tolerant strain of Aedes aegypti, Mosq. News, 21 (3), 192
- Matsumura, F. & Brown, A. W. A. (1963) Studies on organophosphorus-tolerance in Aedes aegypti, Mosq. News, 23 (1), 26
- Mouchet, J. (1967) La résistance aux insecticides chez Aedes aegypti et les espèces voisines, Bull. Org. mond. Santé, 36, 569
- Mouchet, J. (1968) Evolution de la résistance aux insecticides chez Aedes aegypti de 1965 à 1968, Proc. 13th Inter. Cong. Ent., Moscou 1968 (sous presse)
- Mouchet, J. & Chastel, C. (1966) La résistance aux insecticides chez Aedes aegypti et Ae. albopictus à Phnom-Penh, Cambodge, Méd. Trop. Marseille, 26 (5), 505
- Mulhern, T. D. (1968) Recent advances and experiences with very low volume spraying for the control of vector and pest mosquitoes in California, Abst. Rev. 8th Int. Cong. Trop. Med. Mal., Téhéran, sept. 1968, p. 972-973
- Organisation mondiale de la Santé (1965) Résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. Treizième rapport du Comité OMS d'experts des Insecticides, Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn., 265, 1-242
- Pal, R. & Wright, J. W. (1968) International vector control programme, Abstr. Rev. Int. Cong. Trop. Med. Mal., Téhéran, 974
- Pratt, H. D. (1968) The Aedes aegypti eradication programme in the Americas 1963-68, Abst. Rev. 8th Int. Cong. Trop. Med. Mal., Téhéran, sept. 1968, 973
- Rudnick, A. (1967) Aedes aegypti and haemorrhagic fever, Bull. Org. mond. Santé, 36, 528
- Scanlon, J. E. (1967) Control of Aedes aegypti (L.) in South-East Asia. Symposium on arbovirus diseases, animal vectors and reservoirs, août 1966, Tokyo, Japan. J. Med. Sci. Biol., 20, 108
- Schliessmann, D. J. (1967) Initiation of the Aedes aegypti eradication programme of the USA, Bull. Org. mond. Santé, 36, 604
- Schoof, H. F. & Jakob, W. L. (1964) Insecticides for use against Aedes aegypti. 20th ann. Meet. Am. Mosquito control Ass. held jointly with Illinois Mosq. Control Ass. 1964, Part. II, Mosq. News, 24 (3), 309
- Schoof, H. F. (1967) Insecticide for use against Aedes aegypti, Bull. Org. mond. Santé, 36 (4), 618

- Shipp, O. E. & Hazeltine, W. E. (1967) Evaluation of fenthion and Baygon mixtures for control of adult Aedes aegypti(L.) when applied as thermal fog, Mosq. News, 27 (2), 144
- Stutz, F. H., Porter, J. E., Heicht, J. H. & Hill, C. C. (1964) An analysis of aircraft applications of mediterranean fruit fly spray on indices of Aedes aegypti, Mosq. News, 24 (4), 396
- Taufflieb, R. (1968) Les vecteurs d'arbovirus au Sénégal, Abst. Rev. 8th Int. Cong. Trop. Med. Mal., Téhéran 1968, p. 671
- Taylor, R. T. & Schoof, H. F. (1968) Evaluation of thermal and non thermal fogs against four species of mosquitoes, Mosq. News, 28 (1), 8